

Los Puntos Cuánticos, sus implicaciones físicas y aplicaciones

Juan P. Martínez Pastor

Catedrático de Física Aplicada, Director del Instituto de Ciencia de los Materiales, Universidad de Valencia

El Premio Nobel de Química 2023 ha recaído en Mounqi G. Bawendi (MIT), Louis E. Brus (U. Columbia) y Aleksey Ekimov (Nanocrystals Technology, USA) por el descubrimiento y la síntesis de puntos cuánticos (Quantum Dots, QDs) semiconductores. Un QD es una agrupación de 10^4 - 10^7 átomos con la misma estructura cristalina que el semiconductor masivo con la misma composición atómica, pero su estructura electrónica y propiedades ópticas dependen de su tamaño. Por ejemplo, la energía de la banda prohibida efectiva de los QDs de CdSe varía entre 1.8 eV (rojo), valor en el CdSe masivo, y 3 eV (NearUV), en los más pequeños (1.2 nm). Esta tremenda variación se puede entender por el efecto de confinamiento cuántico de un electrón (hueco) en una caja/esfera con lado/radio del orden de la longitud de onda de De Broglie (o también del radio de Bohr excitónico).

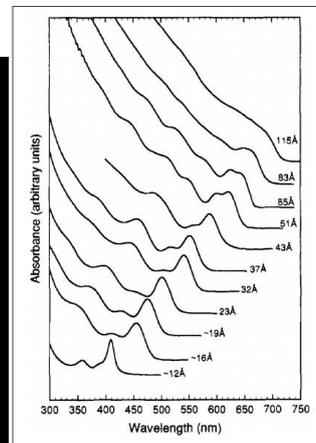
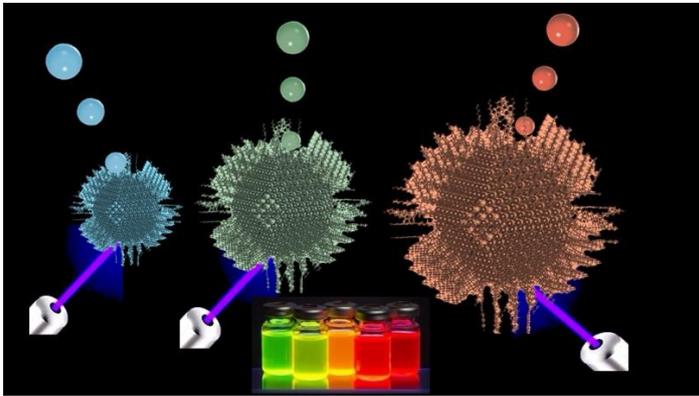


Ilustración de QDs coloidales de tres tamaños diferente emitiendo luz cuántica en azul-verde-rojo, lo que se relaciona con su tamaño (izquierda), tal y como se demuestra en sus espectros de absorción (derecha, del trabajo original de Bawendi).

En 1979 Ekimov, estudiando la formación y propiedades de las partículas de CuCl formadas en vidrios, a los que se añadía un 1 % de compuestos de Cu y Cl y después de un tratamiento térmico >550 °C, encontraron que las líneas de absorción excitónicas se desplazaban a longitudes de onda más cortas a medida que su tamaño disminuía por debajo de 10 nm. Ekimov lo atribuyó al efecto de confinamiento cuántico aludido arriba, haciendo referencia a los recientes trabajos de la época sobre pozos cuánticos obtenidos por crecimiento epitaxial. En 1983, Brus y sus colaboradores, que investigaban nanocristales de CdS con tamaños entre 4.5 y 12.5 nm, encontraron un corrimiento similar en su espectro de absorción en los más pequeñas. Estos investigadores también conocían el efecto de confinamiento cuántico por tamaño en pozos cuánticos, pero no el descubrimiento de Ekimov en la URSS. También desarrollaron un modelo de QD esférico incluyendo la interacción Coulombiana electrón – hueco (excitón). En 1993, Bawendi y colaboradores desarrollaron un método, conocido como de “inyección en caliente”, para la síntesis de QDs con un tamaño mucho más definido y con una alta calidad óptica: líneas de emisión estrechas y, lo más importante, caracterizados por una eficiencia cuántica de hasta el 10 % a 300 K (hoy día superior al 50 % y, en algunos casos, casi el 100 %). Este último descubrimiento abrió la puerta al desarrollo de una aplicación comercial tan sonada como la TV-QLED, en combinación con matrices de LEDs azules de GaN, cuya invención también fue reconocida con el premio Nobel de Física en 2014 (Akasaki, Amano y Nakamura). Además de la aplicación mencionada, también destacan aplicaciones en bioimagen, LEDs, células solares y fotodetectores, entre otras más prospectivas como las tecnologías cuánticas.